

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of: Alexandr Alexandrovich MIROSHIN et al.

Application No.: 09/367,543

Group Art Unit: To Be Assigned

Filed: August 16, 1999

Examiner: To Be Assigned

For: A POLARIZER AND LIQUID
CRYSTAL DISPLAY ELEMENT

Attorney Docket No.: 8472-018



CLAIM TO PRIORITY
TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

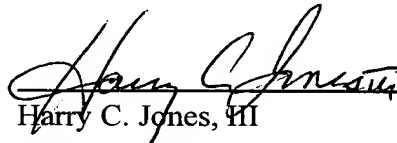
Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Enclosed please find a certified copy of Russian Application Number 98104984 filed March 16, 1998, Russian Application Number 98104867 filed March 2, 1998, Russian Application Number 98103710 filed February 24, 1998, Russian Application Number 091-38432 filed February 24, 1998, Russian Application Number 98103736 filed February 24, 1998, Russian Application Number 98103709 filed February 24, 1998, Russian Application Number 98101616 filed January 12, 1998 and Russian Application Number 97121028 filed December 16, 1997, from which priority has been claimed in this application. An English translation of the priority documents is also enclosed.

Respectfully submitted,

Date April 21, 2000


Harry C. Jones, III

20,280

(Reg. No.)

PENNIE & EDMONDS LLP
1667 K Street, N.W.
Washington, DC 20006
(202) 496-4400

Enclosures



8



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

рег. No 20/14-496(8)

15 сентября 1999 г.

СПРАВКА

Федеральный институт промышленной собственности Российского Агентства по патентам и товарным знакам настоящим удостоверяет, что приложенные материалы являются точным воспроизведением первоначального описания, формулы и чертежей (если имеются) заявки на выдачу патента на изобретение N 98104984, поданной в марте месяце 16 дня 1998 года.

Название изобретения: Поляризатор.

Заявитель (и): МИРОШИН Александр Александрович.

Действительный автор(ы): Хан Ир Гвон
Ворожцов Георгий Николаевич
Шишкина Елена Юрьевна
Мирошин Александр Александрович.

RECEIVED

MAY 31 2002

TC 1700

Уполномоченный заверить копию
заявки на изобретение

Г.Ф.Востриков
Заведующий отделом

Поляризатор

Изобретение относится к оптике, а именно, к поляризаторам света, которые могут быть использованы в производстве поляризационных пленок и стекол, в том числе ламинированных для автомобильной промышленности, строительства и архитектуры. Кроме того, заявляемые поляризаторы могут быть также использованы в производстве жидкокристаллических дисплеев и индикаторов.

Поляризаторы света, преобразующие естественный свет в поляризованный, являются одним из необходимых элементов современных устройств отображения информации на жидких кристаллах (ЖК), системах контроля и световой блокировки.

Используемые в настоящее время поляризаторы представляют собой ориентированную одноосным растяжением полимерную пленку, окрашенную в массе органическими красителями или соединениями иода. В качестве полимера используют в основном поливиниловый спирт (ПВС) [1].

Поляризаторы на основе ПВС, окрашенного иодом, имеют высокие поляризационные характеристики и находят широкое применение в производстве жидкокристаллических индикаторов для экранов, часов, калькуляторов, персональных компьютеров и т.п.

В то же время высокая стоимость и низкая термостойкость поляризаторов на основе ПВС не позволяют применять их в производстве товаров массового потребления, в частности при изготовлении многослойных стекол и пленок для автомобильной промышленности, строительства и архитектуры.

Аналогом заявляемого поляризатора является поляризатор, представляющий собой подложку с нанесенным на нее молекулярно ориентированным слоем дихроичного материала, способного к образованию нематической фазы [2].

Для получения поляризующей свет пленки дихроичный материал наносят в виде истинного раствора на непроницаемую поверхность подложки, которой предварительно придается анизотропия за счет механического натирания с помощью различных материалов (кожа, бумага, ткань и др.). В процессе последующего частичного испарения растворителя раствор дихроичного материала проходит через стадию нематического жидкокристаллического состояния, во время которого под влиянием анизотропии поверхности происходит ориентация молекул дихроичного материала. При испарении остаточного

растворителя в контролируемых условиях, предотвращающих разориентацию, на поверхности подложки образуется молекулярно-ориентированная поляризующая пленка, состоящая из параллельно расположенных и ориентированных в одном направлении молекул дихроичного вещества, в качестве которого были использованы дихроичные красители [2].

Аналогичного типа поляризатор [3] представляет собой поляризующую пластину, которую изготавливают при нанесении раствора некоторых водорастворимых азо-красителей на предварительно натертую поверхность подложки с последующей сушкой.

Поляризаторы [2] или [3] имеют более высокую термостойкость по сравнению с поляризатором на основе поливинилового спирта, поскольку молекулярно ориентированная пленка красителя обладает высокой термостабильностью и может быть сформирована на таких стойких материалах как, например стекло.

К числу недостатков поляризаторов [2] или [3] следует отнести прежде всего недостаточную поляризующую способность и невысокий контраст, а также необходимость предварительной ориентации подложки за счет многократного натирания, реализация которого в промышленном масштабе представляет значительные сложности.

Наиболее близким по технической сущности является поляризатор, представляющий собой подложку с нанесенной на нее тонкой пленкой молекулярно упорядоченного слоя водорастворимых красителей, представляющих собой сульфокислоты или их неорганические соли азо- и полициклических соединений или их смеси общей формулы (I):

$\{\text{Хромоген}\} (\text{SO}_3\text{M})_m$, где:

- Хромоген - хромофорная система красителя;

- M - H^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , Cs^+ , NH_4^+ ;

которые способны к образованию стабильной лиотропной жидкокристаллической фазы, что позволяет получать на их основе стабильные лиотропные жидкие кристаллы (ЛЖК) и композиции на их основе [4].

Для изготовления известного поляризатора [4] на поверхность подложки наносят ЛЖК красителя при одновременным механическим ориентированием с последующим испарением растворителя. При этом на поверхности подложки образуется тонкая пленка молекулярно упорядоченного слоя красителя - поляризующее покрытие (ПП), способное поляризовать свет.

Поляризатор [4] обладает наряду с высокой термо- и светостойкостью более высокой поляризационной эффективностью по сравнению с поляризаторами [2] или [3], поскольку способ ориентации, основанный на механическом упорядочении ЛЖК является более

эффективным способом для создания молекулярной упорядоченности красителя, находящегося в нематическом жидкокристаллическом состоянии, по сравнению с влиянием поверхностной анизотропии.

К числу недостатков поляризатора [4] следует отнести высокую электропроводность, которая обусловлена наличием подвижных неорганических катионов или протона. В связи с этим при использовании указанных поляризаторов [4] в качестве внутренних для изготовления жидкокристаллических индикаторов (ЖКИ) возникает необходимость применения дополнительных защитных слоев поверх внутренних поляризаторов, поскольку в противном случае наблюдается многократное увеличение энергопотребления, что в свою очередь снижает срок службы ЖКИ.

Кроме того, поляризатор [4] обладает низкой влагостойкостью, так как в основе его лежит поляризующее покрытие, сформированное из водорастворимых красителей. Устойчивость к действию влаги поляризатора [4] можно повысить путем перевода ПП в водонерастворимую форму. Однако наличие гидрофильных групп в молекулах красителя приводит к тому, что при повышенных температурах даже после перевода в нерастворимую форму ПП все таки отслаивается от подложки и разрушается под действием влаги. Поэтому для повышения влагостойкости известного поляризатора [4] необходимо использование дополнительных защитных влагостойких слоев, что усложняет конструкцию поляризатора.

Задачей настоящего изобретения является создание поляризатора на основе поляризующих покрытий (ПП), обладающих наряду с диэлектрическими свойствами высокой устойчивостью к действию влаги.

Поставленная задача решается благодаря использованию в поляризаторе в качестве по крайней мере одного поляризующего покрытия анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя нерастворимого в воде дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей. При этом дихроичный краситель или пигмент может быть выбран из ряда:

- кубовых красителей;
- дисперсных красителей;
- антрахиноновых красителей;
- индигоидных красителей;
- азосоединений;
- периноновых красителей;
- полициклических соединений;
- гетероциклических производных антрацена;

- металлокомплексных соединений;
- ароматических гетероциклических соединений;
- люминесцентных красителей.

Для обеспечения необходимых физико-механических, адгезионных, выравнивающих и др. свойств, по крайней мере одно поляризующее покрытие поляризатора дополнительно может содержать связующие и пленкообразующие добавки и/или модификатор, в качестве которого могут быть использованы гидрофильные и/или гидрофобные полимеры различного типа, включая жидкокристаллические, кремнийорганические и/или пластификаторы и лаки, включая кремнийорганические и/или также неионогенные поверхностно-активные вещества.

Введение модификатора, которое может быть осуществлено как на стадии формирования анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, так и за счет обработки уже полученного поляризующего покрытия, позволяет также уменьшить рассеяние света, которое возможно из-за наличия микродефектов в поляризующем покрытии.

Таким образом, заявляемый поляризатор представляет собой подложку с нанесенным на нее по крайней мере одним поляризующим покрытием (ПП), выполненным в виде анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя нерастворимого в воде дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей, которые могут обеспечивать поляризацию не только в видимой части спектра, но и в УФ области, а также ближней ИК области. В случае использования дихроичных красителей или пигментов, с поглощением только в УФ области, ПП могут быть использованы в качестве фазозадерживающих слоев.

ПП представляет собой анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой, в котором плоскости хромофорных систем молекул дихроичного красителя и лежащие в них дипольные моменты оптического перехода однородно ориентированы относительно направления, которое задается либо поверхностной анизотропией, либо направлением механической ориентации, либо под воздействием электростатических, магнитных или электромагнитных полей.

Существенным отличием настоящего изобретения является то, что поляризатор содержит в качестве по крайней мере одного поляризующего покрытия анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой нерастворимого в воде дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей.

Отсутствие ионов в поляризующих покрытиях заявляемого оптического поляризатора обеспечивает диэлектрические свойства покрытий, что приводит к снижению энергопотребления и тем самым увеличивает срок службы жидкокристаллических устройств.

В отличие от известного поляризатора [4] на основе водорастворимых красителей использование для формирования анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя нерастворимых в воде дихроичных красителей или пигментов обеспечивает наряду с низкой электропроводностью высокую устойчивость к действию влаги.

Аналогичные свойства обеспечивает поляризатор [5] на основе некоторых водонерастворимых органических красителей полимерного строения. Однако для изготовления поляризатора [5] необходимо специально получать указанные полимерные красители, синтез которых представляет довольно сложный и дорогостоящий процесс, требующий применение трудно утилизируемых высокотоксичных органических растворителей (нитробензол, орто-дихлорбензол и др.). Кроме того, необходимым условием для изготовления поляризатора [5] является способность органических красителей полимерного строения к образованию жидкокристаллической фазы, что также ограничивает возможности их применения.

В то же время, для изготовления заявляемого поляризатора не требуется синтез специальных красителей или пигментов, а могут быть использованы серийно выпускаемые красители или пигменты.

В зависимости от толщины ГПП и конструктивных особенностей возможны несколько разновидностей заявляемого поляризатора, отличающихся принципом действия.

Так, принцип действия оптического поляризатора с произвольной толщиной ГПП основан на том, что неполяризованный свет при прохождении через ГПП частично поглощается хромофорной системой красителя. При этом через ГПП проходит только та часть световых волн, в которых направление колебаний электрической составляющей электромагнитного поля перпендикулярно дипольному моменту оптического перехода (фиг. 1).

Использование в качестве поляризующего покрытия анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя нерастворимого в воде дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей позволяет также получать поляризатор:

- в котором по крайней мере одно поляризующее покрытие состоит из нескольких фрагментов произвольной формы, которые могут отличаться цветом и направлением вектора поляризации. То есть направление поляризации может меняться произвольным образом на поверхности подложки, что позволяет получать таким образом поляризационные рисунки с различным направлением поляризации каждого фрагмента;
- который является многослойным и содержит по крайней мере два нанесенных друг на друга поляризующих покрытий, каждое из которых состоит из нескольких фрагментов

произвольной формы, которые могут отличаться цветом и направлением вектора поляризации, при этом цвет и направление вектора поляризации разных слоев могут не совпадать;

- который между поляризующими покрытиями дополнительно содержит слои из прозрачных бесцветных или окрашенных материалов;
- который между подложкой и поляризующим покрытием дополнительно содержит ориентирующий слой, который может быть сформован как из неорганических материалов, так и на основе различных полимеров;
- который между подложкой и по крайней мере одним поляризующим покрытием дополнительно содержит диффузно отражающий слой, который может служить одновременно в качестве электропроводящего слоя.

При использовании в качестве подложки четвертьволновой двулучепреломляющей пластины или пленки и нанесении ГП под углом 45° к основной оптической оси подложки может быть изготовлен циркулярный поляризатор (фиг.2, а и б - направление обыкновенного и необыкновенного лучей соответственно, n - направление вектора поляризации ГП).

Использование различных клеев позволяет изготавливать поляризатор в виде самоклеющихся поляризационных пленок, а также при нанесении слоя клея на ГП в виде рисунка с последующим переносом получать поляризатор на любой поверхности, что может быть использовано как при производстве ЖК индикаторов с внешним расположением поляризаторов, так при различных видах защиты товарных знаков или для получения всевозможных цветовых эффектов, например, в рекламе. При изготовлении поляризатора по клеевой технологии возможен и метод обратного переноса: нанесение слоя клея необходимой формы на требуемую поверхность, наложении пленки с нанесенным на нее ГП на клей и отрыв. С поверхности пленки на требуемую поверхность будет удаляться слой ГП, соответствующий только форме клеевого слоя.

Применение влагостойкого поляризующего покрытия на основе анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя нерастворимых в воде дихроичных красителей и/или пигментов позволяет также реализовать технологию послойного нанесения ГП. При этом в отличие от прототипа здесь не требуется нанесение промежуточного защитного слоя, особенно при использовании в качестве последующего слоя поляризующего покрытия на основе водорастворимых красителей, например по технологии [4].

Таким образом, могут быть получены поляризаторы, состоящие из нескольких нанесенных друг на друга ГП, каждое из которых состоит из нескольких фрагментов

произвольной формы, которые могут отличаться цветом и направлением вектора поляризации.

Последующее ПП того же красителя или другого может быть нанесено непосредственно на предыдущее ПП или на промежуточный слой из прозрачного материала, который может быть либо бесцветным либо окрашенным. При этом направление вектора поляризации следующего ПП может меняться произвольным образом относительно направления осей поляризации предыдущего ПП. При этом ПП может быть выполнено также из других материалов, в частности по технологии [2], [3] или [4].

Таким образом могут быть получены поляризатор, который между ПП может дополнительно содержать слои из прозрачных бесцветных или окрашенных материалов.

При вращении плоскости поляризованного света в поляризаторе может происходить просветление одних участков и окрашивание других (в случае монохромных оптических поляризаторов, в которых разные участки одного цвета имеют различное направление вектора поляризации). В случае использования разных красителей при вращении плоскости поляризованного света будет происходить либо исчезновение окрашенного в разные цвета рисунка (в случае, когда участки разного цвета имеют одинаковое направление вектора поляризации), либо последовательное исчезновение участков разного цвета, отличающихся направлением вектора поляризации. В случае многослойных ПП и особенно с применением промежуточных прозрачных окрашенных материалов количество вариантов возрастает.

Перечисленные примеры поляризаторов представляет интерес при создании специальных цветовых эффектов (реклама, шоу-бизнес), для защиты товарных знаков и ценных видов бумаг и т.д.

Другая разновидность заявляемого поляризатора основана на явлении интерференции, для чего используется двулучепреломление анизотропно поглощающего слоя, который имеет по крайней мере один показатель преломления, возрастающий при увеличении длины волны поляризуемого света.

Наиболее оптимальным вариантом интерференционной разновидности заявляемого поляризатора является использование по крайней мере одного анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, который имеет по крайней мере один показатель преломления, прямо пропорциональный длине волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне из рабочих длин волн.

Например, если в формуле $2dn_c + \lambda/2 = \lambda/2 + m\lambda$ (где d - толщина анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, λ - длина волны света, m - порядок

интерференции, $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2$ - оптическая разность хода отражённых интерферирующих лучей), соответствующей условию интерференционного минимума для отраженного света в оптической системе, где двулучепреломляющий слой с показателями преломления n_e и n_o находится между диэлектриками с показателями преломления меньшими по значению, чем n_e , необыкновенный показатель преломления n_e будет прямо пропорционален длине волны света, т.е. $n_e = A\lambda$ (где A - коэффициент пропорциональности), то длина волны λ в приведённой формуле “сокращается”, а это означает, что условие, в данном случае интерференционного минимума, выполняется для всех длин волн и, более того, для всех порядков интерференции, т.е. для всех значений m . Сверх того, при другой толщине слоя этого же материала можно аналогично получить независимость от длины волны света условия интерференционного максимума $2dn_e + \lambda/2 = m\lambda$. Прямая пропорциональность показателя преломления длине волны света является более строгим требованием (условием), чем простое возрастание показателя преломления при увеличении длины волны света.

Перечисленные особенности позволяют получать разновидность поляризатора, отличающуюся тем, что по крайней мере одно поляризующее покрытие имеет толщину, при которой реализуется интерференционный экстремум на выходе поляризатора по крайней мере для одной линейно-поляризованной компоненты света. Принцип действия интерференционной разновидности заявляемого поляризатора основан на том, что одна линейно-поляризованная компонента неполяризованного света, которой соответствует необыкновенный (большой) показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, существенно отражается от поляризатора за счет различия показателей преломления на границах анизотропно поглощающего двулучепреломляющего и оптически изотропного слоев. При толщинах слоев порядка длины волны света, световые лучи, отраженные от границ слоев, интерферируют друг с другом. При соответствующем подборе толщин слоев и их показателей преломления оптическая разность хода между волнами, отраженными от границ слоев, составляет целое число длин волн, т.е. результатом интерференции отраженных волн будет интерференционный максимум, приводящий к их взаимному усилению. В этом случае отражение линейно-поляризованной компоненты неполяризованного света, которой соответствует необыкновенный (большой) показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя значительно усиливается.

Обыкновенный (меньший) показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя выбирается существенно равным показателю преломления оптически изотропного слоя, т.е. нет различия (скачков) показателей преломления на границах анизотропно поглощающего двулучепреломляющего и оптически изотропного слоев. Поэтому другая линейно-поляризованная компонента падающего неполяризованного света, которой соответствует обыкновенный (меньший) показатель преломления двулучепреломляющего слоя, проходит через многослойный поляризатор полностью, без каких-либо отражений.

Таким образом, при падении неполяризованного света на поляризатор одна линейно-поляризованная компонента отражается, а другая линейно-поляризованная компонента проходит через поляризатор, т.е. происходит поляризация света как для проходящего, так и для отраженного света.

Использование по крайней мере одного анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя хотя и вызывает небольшие потери света в поляризаторе, однако эти потери малы, особенно в слоях толщиной менее 0,1 мкм. При этом высокие поляризационные характеристики в широкой спектральной области обеспечиваются при использовании количества слоев не более 10.

При использовании анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя значительно уменьшается и в оптимальном варианте полностью устраняется зависимость условий получения интерференционных экстремумов (максимумов и минимумов) от длины волны света, что обеспечивает высокие поляризационные характеристики интерференционной разновидности заявляемого поляризатора в широкой спектральной области.

Предпочтительным является интерференционная разновидность поляризатора, в котором по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет максимальную величину по крайней мере одного показателя преломления не менее 1,9. При этом необходимое число слоев не превышает 10, а спектральная область с высокими поляризационными характеристиками расширяется более, чем в три раза по сравнению с поляризаторами подобного типа.

Предпочтительным также является заявляемый поляризатор, имеющий по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой с максимальным показателем поглощения не менее 0,1 в диапазоне рабочих длин волн.

Поляризатор с высокими параметрами может быть получен при условии, что толщина по крайней мере одного поляризующего покрытия удовлетворяет условию получения на выходе поляризатора интерференционного минимума для одной линейно-поляризованной компоненты света и, одновременно, интерференционного максимума для другой ортогональной линейно-поляризованной компоненты света.

Действительно, особенностью двулучепреломляющих слоев является сам факт существования по крайней мере двух различных по значению показателей преломления, например, n_x и n_y , соответствующих осям X и Y, расположенным в плоскости слоя. Благодаря этому факту, можно выбрать толщину слоя так, чтобы на выходе поляризатора получался интерференционный минимум m -го порядка для одной линейно-поляризованной компоненты и, одновременно, максимума для другой ортогональной к ней линейно-поляризованной компоненты света. Интерференционный минимум может соответствовать обыкновенному показателю преломления, при этом интерференционный максимум обусловлен, соответственно, необыкновенным показателем преломления. Возможна также обратная ситуация, когда интерференционный минимум соответствует необыкновенному показателю преломления, при этом интерференционный максимум обусловлен, соответственно, обыкновенным показателем преломления.

Предпочтителен также поляризатор, являющийся многослойным и содержащий по крайней мере два слоя, по крайней мере один из которых анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой, а другой слой оптически изотропный, причем один показатель преломления двулучепреломляющего слоя максимально отличается от показателя преломления оптически изотропного слоя, а другой показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя совпадает или максимально близок с показателем преломления оптически изотропного слоя.

В этом варианте одна линейно-поляризованная компонента падающего неполяризованного света, которой соответствует необыкновенный (большой) показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, существенно отражается от многослойного поляризатора за счет различия показателей преломления на границах слоев. При соответствующем подборе толщин слоев и их показателей преломления оптическая разность хода между волнами, отраженными от границ одного и того же анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, составляет целое число длин волн, т.е. результатом их интерференции будет интерференционный максимум, приводящий к взаимному усилению отраженных волн. При этом оптические толщины слоев оптически

изотропного материала могут быть как значительно больше длины волны, так и порядка длины волны. В результате отражение линейно-поляризованной компоненты неполяризованного света, которой соответствует необыкновенный (большой) показатель преломления анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев значительно усиливается.

Обыкновенный (меньший) показатель преломления анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев совпадает или максимально близок показателю преломления оптически изотропного слоя, т.е. нет различия (скачков) показателей преломления на границах слоев. Поэтому другая линейно-поляризованная компонента падающего неполяризованного света, которой соответствует обыкновенный (меньший) показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя, проходит через многослойный поляризатор полностью, без каких-либо отражений.

Другим вариантом интерференционной разновидности поляризатора является многослойный, содержащий по крайней мере два различных двулучепреломляющих слоя, по крайней мере один из которых анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой, причем один показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя максимально отличается от одного показателя преломления другого двулучепреломляющего слоя, а другой показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя совпадает или максимально близок с другим показателем преломления другого двулучепреломляющего слоя.

Интерференционная разновидность заявляемого поляризатора может быть выполнена работающим как “на отражение”, так и “на пропускание”, так и для работы только “на отражение”. В этих случаях вариантом выполнения является поляризатор, отличающийся тем, что на одну его сторону дополнительно нанесено светоотражающее покрытие. Предпочтительным является поляризатор, в котором светоотражающее покрытие выполнено металлическим. Нанесение светоотражающего ~~покрытия~~ позволяет также выбирать оптимальные для интерференции коэффициенты отражения от границ поляризатора.

При изготовлении поляризатора на подложку первым ~~со стороны подложки~~ может быть нанесено как светоотражающее покрытие (зеркало полностью или частично отражающее), так и поляризующее покрытие.

Большое влияние на результат интерференции оказывает ~~соотношение~~ соотношение интенсивностей, а значит и амплитуд электрических полей интерферирующих лучей. Известно, что

минимальное значение интенсивности в интерференционном минимуме (теоретически равное нулю) может быть получено в случае их равенства. Поэтому целесообразно обеспечить максимально достижимое выравнивание амплитуд интерферирующих лучей для условий интерференционного минимума, что обеспечивает максимальное “гашение” лучей соответствующей компоненты неполяризованного света. Для получения оптимального результата интерференции для условий интерференционного максимума необходимо увеличивать коэффициенты отражения от каждой границы слоев.

Отражающее покрытие может быть выполнено как из металла, так и в виде многослойных диэлектрических зеркал из чередующихся слоев материалов с высоким и низким показателями преломления.

Металлические покрытия достаточно просто наносятся, например термическим испарением в вакууме, но при этом в них имеет место поглощение света, что уменьшает пропускание (отражение) поляризатора. Для получения отражающих металлических покрытий могут использоваться алюминий (Al), серебро (Ag) и другие металлы.

В случае многослойных диэлектрических зеркал поглощение света в них отсутствует, но процесс их нанесения довольно сложен и трудоемок. Для этих покрытий могут использоваться TiO_2 , MgO , ZnS , ZnSe , ZrO_2 , криолит и полимеры в качестве материалов с высоким показателем преломления, а в качестве материалов с низким показателем преломления - SiO_2 , Al_2O_3 , CaF_2 , BaF_2 , MgF_2 , AlN , BN или полимеры.

Для нанесения отражающих покрытий на подложку или на оптический поляризатор могут быть применены следующие стандартные способы: термическое испарение в вакууме, нанесение в парах с последующей термической обработкой, магнетронное распыление и другие.

В качестве материала подложки, на которую может быть нанесен оптический поляризатор, работающий на “просвет” и, возможно, дополнительно на “отражение”, могут быть использованы любые материалы, прозрачные в диапазоне рабочих длин волн, например, кварц, стекло, полимеры и другие.

В качестве материала подложки, на которую может быть нанесен оптический поляризатор, работающий только на “отражение” наряду с материалами, прозрачными в диапазоне рабочих длин волн, например, кварц, стекло, полимеры и могут быть использованы также любые другие материалы, непрозрачные в диапазоне рабочих длин волн, например, металлы, полупроводниковые материалы, ситаллы, пластмассы и другие.

Некоторые разновидности интерференционного поляризатора иллюстрируется отдельными примерами конкретного выполнения на фиг. 3-5. На фиг. 3 показана схема однослойного поляризатора по изобретению отражательного типа. На фиг. 4 схематично представлены виды зависимостей показателя преломления слоев поляризаторов от длины волны света. На фиг. 5 показана схема многослойного поляризатора по изобретению.

На фиг. 3 показана схема однослойного оптического поляризатора по изобретению отражательного типа, включающего анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой 1, отличающийся тем, что оба его показателя преломления (необыкновенный n_e и обыкновенный n_o) пропорциональны длине волны поляризуемого света. В простейшем варианте слой 1 граничит с двух сторон с воздухом. В более сложных вариантах на одну его сторону дополнительно нанесено светоотражающее покрытие. Слой 1 может быть нанесен также на подложку, например из прозрачного стекла (показана на фиг. 3 пунктиром).

Работу поляризатора отражательного типа можно пояснить следующим образом. Неполаризованный свет состоит из двух линейно поляризованных компонент 2 и 3, плоскости поляризации которых взаимно перпендикулярны (эти две компоненты условно разнесены на фиг. 3 для наглядности и лучшего понимания). Компонента 2, поляризованная параллельно оптической оси слоя 1 анизотропно поглощающего двулучепреломляющего материала, частично отражается от границы слоя 1, образуя луч 4. Частичное отражение света от границы раздела слоя 1 и среды происходит за счет скачка (разницы) показателей преломления на этой границе. Для частичного отражения света, может быть использовано также дополнительно нанесенное на слой 1 светоотражающее покрытие. Другая часть энергии компоненты 2, проходя через анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой 1, отражается от второй границы слоя 1, и проходит еще раз слой 1, образуя луч 5. Отраженные лучи 4 и 5 поляризованы так же, как и входящая компонента 2.

Толщина слоя 1 выбирается такой, чтобы оптическая разность хода Δ_e для лучей 4 и 5, соответствующая большему показателю преломления n_e , составляла нечетное число полуволн поляризуемого света, $\Delta_e = \lambda/2 + m\lambda$, где λ - длина волны света, m - порядок интерференции. Если среды с обеих сторон слоя 1 прозрачные (непоглощающие) и имеют показатели преломления меньше, чем показатели преломления слоя 1, то оптическая разность хода $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2$, где d - толщина слоя 1, а величина $\lambda/2$ - скачок фазы при отражении от первой границы как от оптически более плотной среды (при металлических светоотражающих покрытиях скачок фазы будет другой). В этом случае результатом интерференции лучей 4 и 5 является их взаимное ослабление, и в оптимальном варианте их

полное гашение. Полное гашение лучей 4 и 5 достигается, если интенсивности (амплитуды) лучей 4 и 5 одинаковы или близки по величине, что может быть достигнуто оптимальным подбором коэффициентов отражения от границ слоя 1 за счет дополнительно нанесенного светоотражающего покрытия. Светоотражающее покрытие может быть выполнено металлическим или диэлектрическим и быть однослойным или многослойным. При выполнении условия пропорциональности необыкновенного показателя преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя 1 длине волны света ($n_e \sim \lambda$) равенство $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2 = \lambda/2 + m\lambda$ выполняется для всего диапазона рабочих длин волн света, что означает устранение спектральной зависимости поляризационных характеристик оптического поляризатора.

Другая линейно поляризованная компонента 3, которая поляризована перпендикулярно оптической оси анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя 1, частично отражается от первой границы слоя 1, образуя луч 6. Другая часть энергии компоненты 3, проходя через слой 1, отражается от второй границы слоя 1, проходит еще раз слой 1, образуя луч 7. Отраженные лучи 6 и 7 поляризованы так же, как и входящая компонента 3. Результатом интерференции лучей 6 и 7 является их взаимное усиление, т.е. интерференционный максимум, т.к. оптическая разность хода между ними Δ_o , соответствующая обыкновенному (меньшему) показателю преломления n_o , составляет целое число длин волн $\Delta_o = 2dn_o + \lambda/2 = m\lambda$ (скачок фазы $\lambda/2$ при отражении луча 6 от первой границы слоя 1 для этой компоненты также происходит). При выполнении условия пропорциональности обыкновенного показателя преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя 1 длине волны света ($n_o \sim \lambda$) условие интерференционного максимума $\Delta_o = 2dn_o + \lambda/2 = m\lambda$ также выполняется для всего диапазона рабочих длин волн света, что означает устранение спектральной зависимости поляризационных характеристик оптического поляризатора.

Таким образом, в широкой области спектра в результате ~~интерференции~~ суммарное отражение компоненты 2, поляризованной параллельно оптической оси слоя 1 двулучепреломляющего материала значительно меньше, чем отражение компоненты 3, поляризованной перпендикулярно оптической оси слоя 1.

Возможна реализация и обратной ситуации, когда в результате интерференции суммарное отражение компоненты 2, поляризованной параллельно оптической оси слоя двулучепреломляющего материала 1 значительно больше, чем отражение компоненты 3, поляризованной перпендикулярно оптической оси слоя 1. Эта ситуация имеет место, когда

толщина слоя 1 выбирается такой, чтобы оптическая разность хода Δ_e для лучей 4 и 5, соответствующая необыкновенному (большему) показателю преломления n_e , составляла четное число половин поляризуемого света $\Delta_e = m\lambda$. В этом случае результатом интерференции лучей 4 и 5 является интерференционный максимум, т.е. их взаимное усиление. В то же время оптическая разность хода Δ_o для лучей 6 и 7, соответствующая обыкновенному (меньшему) показателю преломления n_o , составляет нечетное число половин поляризуемого света $\Delta_o = \lambda/2 + m\lambda$. В этом случае результатом интерференции лучей 9 и 10 является интерференционный минимум, т.е. их взаимное ослабление. Теперь в результате интерференции суммарное отражение компоненты 2, поляризованной параллельно оптической оси слоя 1 двулучепреломляющего материала значительно больше, чем отражение компоненты 3, поляризованной перпендикулярно оптической оси слоя 1 двулучепреломляющего материала.

На фиг. 4 схематично представлены зависимости показателя преломления слоев в оптических поляризаторах от длины волны видимого света, т.е. в области 400-700 нанометров. Кривая 1 соответствует поляризатору [6], т.е. уменьшению показателя преломления слоев при увеличении длины волны света. Такая зависимость в оптике называется нормальной дисперсией и свойственна прозрачным материалам. Кривая 2 соответствует поляризатору по изобретению, т.е. случаю возрастания показателя преломления слоев при увеличении длины волны света. Такая зависимость в оптике называется аномальной дисперсией и для получения такой зависимости поляризатор должен быть специальным образом сконструирован. Предпочтительным для этого является поляризатор, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет максимальный показатель поглощения не менее 0,1 в диапазоне рабочих длин волн. Здесь, как и в оптике, показатель поглощения изготовленного слоя k определяется (см. также ГОСТ 7601-78) как коэффициент при мнимой части в комплексном показателе преломления изготовленного слоя материала $Z = n - ik$.

Кривая 3 соответствует варианту интерференционной разновидности поляризатора по изобретению, отличающемуся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет по крайней мере один показатель преломления, прямо пропорциональный длине волны поляризуемого света по крайней мере в некотором диапазоне рабочих длин волн. Прямая пропорциональность показателя преломления длине волны света является более строгим требованием (условием), чем простое возрастание показателя преломления при увеличении длины волны света.

На фиг. 5 показана схема многослойного поляризатора по изобретению, включающего 4 анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев 1, отличающегося тем, что необыкновенный показатель преломления n_e этих слоев возрастает при увеличении длины волны поляризуемого света. Указанные слои 1 нанесены, чередуясь с четырьмя слоями 8 оптически изотропного материала, причем обыкновенный показатель преломления n_o двулучепреломляющего материала совпадает или максимально близок с показателем преломления n_i оптически изотропного материала. Анизотропно поглощающие двулучепреломляющие слои 1 могут быть выполнены одинаковыми или из разных материалов, отличающихся, например, спектральными диапазонами, в которых необыкновенный показатель преломления n_e возрастает при увеличении длины волны.

Работу интерференционной разновидности предлагаемого поляризатора можно пояснить следующим образом. Неполаризованный свет состоит из двух линейно-поляризованных компонент 2 и 3, плоскости поляризации которых взаимно перпендикулярны (эти две компоненты условно разнесены на фиг. 4 для наглядности и лучшего понимания). Компонента 2, поляризованная параллельно оптической оси анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев 1, частично отражается от границ слоев 1 и оптически изотропных слоев 8, образуя лучи 4. Отраженные лучи 4 поляризованы так же, как и входящая компонента 2.

Толщина слоев 1 выбирается такой, что результатом интерференции всех лучей 4 является интерференционный максимум, т.е. их взаимное усиление. Коэффициент отражения при этом достигает 98% - 99,9%, что означает, что линейно-поляризованная компонента 2 практически полностью отражается от поляризатора, образуя луч 9. При выполнении условия более строгого, чем просто возрастание, а именно, условия прямой пропорциональности необыкновенного показателя преломления анизотропно поглощающих двулучепреломляющих слоев 1 длине волны света ($n_e \sim \lambda$) условие интерференционного максимума выполняется для более широкой области длин волн, распространяющейся на весь диапазон рабочих длин волн света.

Другой компоненте 3 неполяризованного света, линейнополяризованной перпендикулярно оптической оси слоев 1, соответствует обыкновенный показатель преломления n_o слоев 1, равный показателю преломления n_i оптически изотропного слоя ($n_o = n_i$). При этом никакого отражения от границ слоев 1 и 8 нет, и линейно поляризованная компонента 3 проходит через многослойный поляризатор полностью, без каких-либо отражений, образуя луч 10. Отражение компоненты 3 от внешних поверхностей поляризатора может быть

устранено обычным способом “просветления”, т.е. нанесением на внешние поверхности оптически изотропных слоев с оптической толщиной в четверть длины волны и показателем преломления равным $n_0^{1/2}$.

Таким образом, неполяризованный свет при падении на многослойный поляризатор разделяется на две части и превращается в линейнополяризованный луч 10, проходящий через поляризатор, и ортогонально линейнополяризованный луч 9, отраженный от поляризатора. При этом обеспечиваются высокие поляризационные характеристики поляризатора в широкой спектральной области.

Для формирования поляризующего покрытия из нерастворимых в воде дихроичных красителей и/или пигментов, которые как правило плохо растворимы и в большинстве органических растворителей могут быть использованы различные методы.

Так, формирование поляризующих покрытий на основе кубовых красителей, антрахиноновых производных, периноновых и полициклохиноновых соединений может быть осуществлено следующими способами:

1. Нанесение на поверхность подложки с одновременном ориентирующем воздействии растворов неорганических и органических сернокислых эфиров восстановленных форм указанных красителей (типа кубозолей), которые могут находиться в лиотропном жидкокристаллическом состоянии. Сформированный таким образом ориентированный слой сернокислых эфиров подвергают далее окислительному гидролизу. При этом на поверхности образуется ориентированный слой уже нерастворимого в воде красителя.
2. Нанесение на поверхность подложки с одновременным ориентирующим воздействием восстановленных форм указанных красителей (типа лейко-соединений) в виде растворов различных солей (неорганических и органических), которые также могут находиться в лиотропном жидкокристаллическом состоянии. Сформированный таким образом слой далее подвергается химическому или электрохимическому окислению с образованием ориентированного слоя уже нерастворимого в воде красителя.
3. Для получения поляризующего покрытия на основе нерастворимых в воде производных дифенилдиимидов и дибензимидазолов 3,4,9,10-перилентетракарбоновой кислоты (ПТКК) могут быть использованы соответствующие производные 1,1'-бинафтил-4,4',5,5',8,8'-гексакарбоновой кислоты (БГКК) в виде растворов неорганических и органических солей, которые также могут находиться в лиотропном жидкокристаллическом состоянии. При дальнейшей химической и электрохимической

восстановительной обработке или УФ облучении производные БГКК циклизуются с образованием ориентированного слоя производных ПТКК.

4. Следующий способ, пригодный также и для формирования поляризующих покрытий на основе пигментов, заключается в нанесении на поверхность подложки с одновременным ориентирующим воздействием лиотропных жидкокристаллических растворов дихроичных красителей и/или пигментов в серной кислоте или олеуме различной концентрации. Образование нерастворимого в воде ориентированного слоя происходит при последующем осторожном разбавлении кислоты водой, которое может происходить при создании над слоем 100% влажности.

Формирование ПП на поверхности подложки под действием сдвигового усилия может осуществляться при нанесении растворов с помощью фильеры или ракеля, последний может быть ножевого или цилиндрического типа.

При формировании ПП в качестве дополнительного ориентирующего воздействия могут быть использованы магнитные, электромагнитные и электростатические поля, которые могут применяться в случаях, когда время нанесения не ограничено или для изготовления поляризующего покрытия используются разбавленные растворы по методу [2].

Для получения поляризующего покрытия на основе металлокомплексных красителей может быть использована металлизация красителей непосредственно на поверхности подложки. С этой целью на подложку предварительно наносят (например, направленным напылением) ориентированный слой окислов металлов, после чего поверхность обрабатывается раствором соответствующего красителя. При этом могут быть получены ультратонкие ориентированные слои нерастворимых в воде металлокомплексных красителей, особенно пригодные для изготовления интерференционной разновидности заявляемого поляризатора.

Более универсальный способ получения поляризующих покрытий на основе нерастворимых в воде дихроичных красителей и/или пигментов заключается в приготовлении специальных выпускных форм, которые получают диспергированием указанных красителей до получения анизометричных частиц размером не более 0.5 мкм и соотношением длины к диаметру частиц не менее 20. Для стабилизации таким выпускных форм используются различные поверхностно-активные вещества. На основе полученных выпускных форм готовятся высококонцентрированные (содержание дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей не менее 10%) системы в различных растворителях, включая воду, в мономерах или расплавах полимеров. При этом полученные системы могут

находиться и жидкокристаллическом состоянии. При нанесении таких высококонцентрированных систем на поверхность подложки при одновременном ориентирующем воздействии с последующей соответствующей обработкой образуется анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой. В случае удаления растворителя (испарением или разбавлением с последующей промывкой) образуется поляризующее покрытие состоящее в основном из дихроичного красителя и/или пигмента. В случае применения мономера или расплавленного полимера образуется поляризующие покрытия с большей толщиной (до 5 мкм).

Выбор способа нанесения определяется также и типом подложки, в качестве которой может быть твердая плоская, сферическая или цилиндрическая, прозрачная или отражающая поверхность органического или неорганического стекла, силикатного стекла с напыленным полупроводниковым слоем, пластины кремния с напыленным слоем алюминия.

На поверхности подложки перед нанесением ПП может быть сформирован ориентирующий слой по технологии, используемой для нанесения ориентирующих слоев при изготовлении жидкокристаллических ячеек [7].

Таким образом может быть изготовлен оптический поляризатор, который между подложкой и поляризующим покрытием дополнительно содержит ориентирующий слой, сформированный как из неорганических материалов, так и на основе различных полимеров.

Поверхность подложки при формировании ПП дополнительно может быть также модифицирована с помощью различных подслоев, в том числе и оптически активных, например диффузно отражающих, двулучепреломляющих или фазозадерживающих покрытий. Таким образом получают оптический поляризатор, отличающийся тем, что между подложкой и поляризующим покрытием дополнительно содержат диффузно отражающий слой, который может служить одновременно в качестве электропроводящего слоя.

При формировании ПП на основе нерастворимых в воде дихроичных красителей и/или пигментов на полимерных пленках (полиэтилентерефталат, поликарбонат, триацетилцеллюлоза, другие прозрачные пленочные материалы) могут быть получены поляризаторы в виде гибких поляризующих пленок, в том числе самоклеющихся.

При изготовлении заявляемого поляризатора на основе нерастворимых в воде дихроичных красителей и/или пигментов могут быть также использованы различные клеи, в том числе поливинилбутираль, для получения разного рода ламинированных структур, например триплексных стекол или многослойных пленок, что представляет интерес для автомобильной промышленности и архитектуры.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Оптический поляризатор, включающий подложку и нанесенное на нее одно или несколько поляризующих покрытий, отличающееся тем, что по крайней мере одно поляризующее покрытие представляет собой анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой нерастворимого в воде дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей
2. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель выбран из ряда кубовых красителей.
3. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель выбран из ряда дисперсных красителей
4. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель выбран из ряда антрахиноновых красителей.
5. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель выбран из ряда индигоидных красителей.
6. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель или пигмент выбран из ряда азосоединений.
7. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель выбран из ряда периноновых красителей.
8. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель или пигмент выбран из ряда полициклических соединений.
9. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель или пигмент выбран из ряда гетероциклических производных антрона.
10. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель или пигмент выбран из ряда металлокомплексных соединений.
11. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель или пигмент выбран из ряда ароматических гетероциклических соединений.
12. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один дихроичный краситель или пигмент является люминесцентным.
13. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере одно поляризующее покрытие дополнительно содержит связующие или пленкообразующие добавки и/или модификатор, в качестве которого могут быть использованы гидрофильные и/или гидрофобные полимеры различного типа, включая жидкокристаллические,

кремнийорганические и/или пластификаторы и лаки, включая кремнийорганические и/или неионогенные поверхностно-активные вещества.

14. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере одно поляризующее покрытие состоит из нескольких фрагментов произвольной формы, которые могут отличаться цветом и направлением вектора поляризации.

15. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что является многослойным и содержит по крайней мере два нанесенных друг на друга поляризующих покрытий, каждое из которых состоит из нескольких фрагментов произвольной формы, которые могут отличаться цветом и направлением вектора поляризации, при этом цвет и направление вектора поляризации разных слоев могут не совпадать.

16. Оптический поляризатор согласно п. 15, отличающийся тем, что между поляризующими покрытиями дополнительно содержит слои из прозрачных бесцветных или окрашенных материалов.

17. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что между подложкой и поляризующим покрытием дополнительно содержит ориентирующий слой, который может быть сформован как из неорганических материалов, так и на основе различных полимеров.

18. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что между подложкой и по крайней мере одним поляризующим покрытием дополнительно содержит диффузно отражающий слой, который может служить одновременно в качестве электропроводящего слоя.

19. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что в качестве подложки содержит двулучепреломляющую пластину или пленку, а поляризующее покрытие сформировано под углом 45° к основной оптической оси подложки.

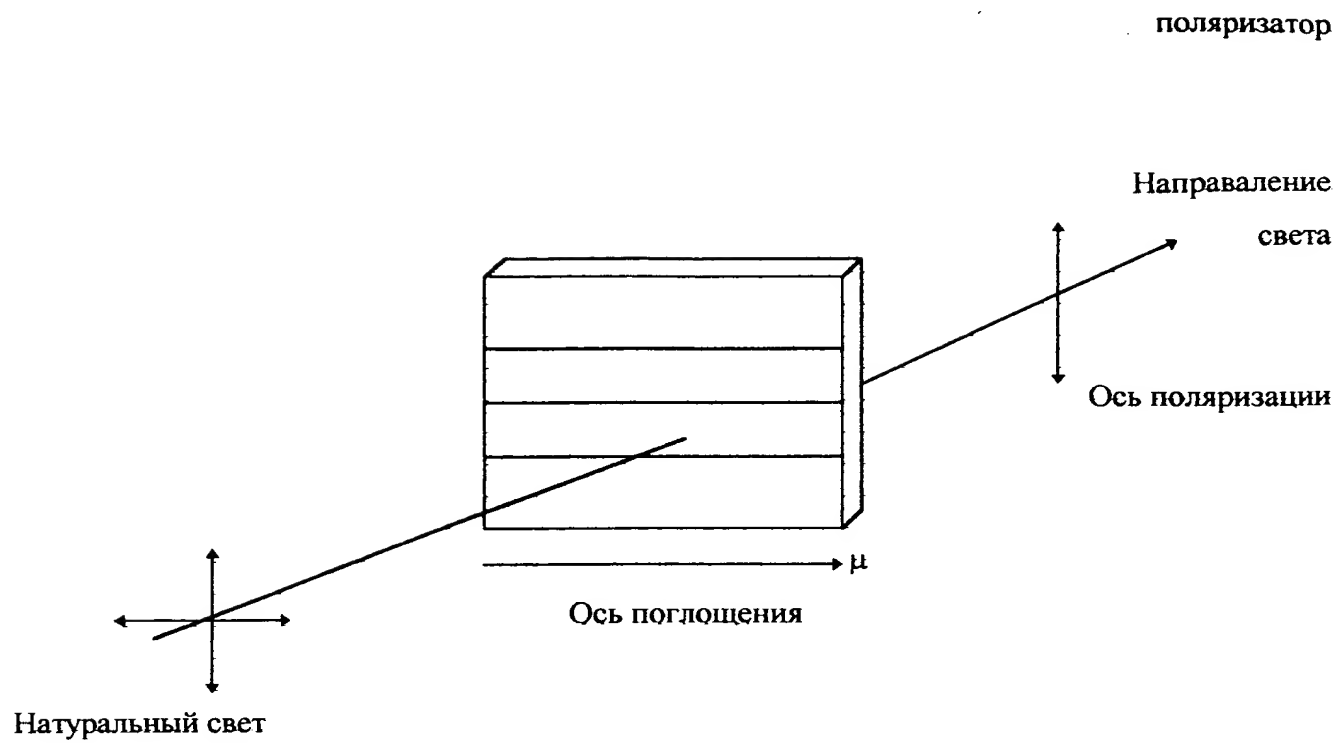
20. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что по крайней мере один анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой имеет толщину, при которой реализуется интерференционный экстремум на выходе оптического поляризатора по крайней мере для одной линейно-поляризованной компоненты света.

21. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что толщина по крайней мере одного анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя удовлетворяет условию получения на выходе оптического поляризатора интерференционного минимума для одной линейно-поляризованной компоненты света и, одновременно, интерференционного максимума для другой ортогональной линейно-поляризованной компоненты света.

22. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что является многослойным и содержит по крайней мере два слоя, по крайней мере один из которых является анизотропно поглощающим двулучепреломляющим слоем, а другой слой - оптически изотропный, причем один показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя максимально отличается от показателя преломления оптически изотропного слоя, а другой показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя совпадает или максимально близок с показателем преломления оптически изотропного слоя.
23. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что он является многослойным и содержит и содержит по крайней мере два различных двулучепреломляющих слоя, по крайней мере один из которых анизотропно поглощающий, причем первый показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя максимально отличается от первого показателя преломления другого двулучепреломляющего слоя, а второй показатель преломления анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя совпадает или максимально близок со вторым показателем преломления другого двулучепреломляющего слоя.
24. Оптический поляризатор согласно п. 1, отличающийся тем, что дополнительно содержит светоотражающее покрытие.
25. Оптический поляризатор согласно п. 24, отличающийся тем, что светоотражающее покрытие выполнено металлическим.

Источники информации, принятые во внимание при составлении заявки:

1. Пат. США 5,007,942, кл. G 02 В 5/30, опубл. 1991
2. Пат. США 2,544,659; кл. 350-148, опубл. 11 марта 1951 г.
3. Пат. Японии 1-183602 (А), кл. G 02 В 5/30, G 02 В 1/08, опубл. 21 июля 1989 г.
4. Заявка РСТ WO 94/28073, кл. C 09В 31/147, опубл. 8 декабря 1994 г. - прототип
5. Заявка на патент РФ 95109284, кл. G 02В 5/30; Б. и. № 16, 1997, с. 32
6. Заявка WO 95/17691; кл. G 02В 5/30, опубл. 1995
7. J. Cognard. Molecular Crystals and Liquid Crystals, 1, 1982.



Фиг. 1. Функция поляризатора света



Фиг. 2

РЕФЕРАТ

Поляризатор

Изобретение относится к оптике, а именно, к поляризаторам, которые могут быть использованы в производстве поляризационных пленок и стекол, в том числе ламинированных для автомобильной промышленности, строительства и архитектуры. Кроме того, заявляемые ДПС могут быть также использованы в производстве ЖК дисплеев и индикаторов.

Задачей настоящего изобретения является создание поляризатора на основе поляризующих покрытий (ПП), обладающих наряду с диэлектрическими свойствами высокой устойчивостью к действию влаги.

Поставленная задача решается благодаря использованию в поляризаторе в качестве по крайней мере одного поляризующего покрытия анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя нерастворимого в воде дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей. При этом дихроичный краситель или пигмент может быть выбран из ряда: кубовых, дисперсных, антрахиноновых, индигоидных, периноновых красителей, азосоединений, полициклических соединений, гетероциклических производных антрацена, металлокомплексных и ароматических гетероциклических соединений, а также люминесцентных красителей.

Таким образом, заявляемый поляризатор представляет собой подложку с нанесенным на нее по крайней мере одним поляризующим покрытием (ПП), выполненным в виде анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя нерастворимого в воде дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей.

ПП представляет собой анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой, в котором плоскости хромофорных систем молекул дихроичного красителя и лежащие в них дипольные моменты оптического перехода однородно ориентированы относительно направления, которое задается либо поверхностной анизотропией, либо направлением механической ориентации, либо под воздействием электростатических, магнитных или электромагнитных полей.

В зависимости от толщины ПП и конструктивных особенностей возможны несколько разновидностей заявляемого поляризатора: дихроичный поляризатор света и интерференционный поляризатор.

Существенным отличием настоящего изобретения является то, что поляризатор содержит в качестве по крайней мере одного поляризующего покрытия влагостойкий анизотропно поглощающий двулучепреломляющий слой нерастворимого в воде дихроичного красителя и/или пигмента или их смесей.

Отсутствие ионов в поляризующих покрытиях заявляемого оптического поляризатора обеспечивает диэлектрические свойства покрытий, что приводит к снижению энергопотребления и тем самым увеличивает срок службы жидкокристаллических устройств.

Использование для формирования анизотропно поглощающего двулучепреломляющего слоя нерастворимых в воде дихроичных красителей или пигментов обеспечивает наряду с низкой электропроводностью высокую устойчивость заявляемого поляризатора к действию влаги.

N/8

RUSSIAN AGENCY FOR PATENTS AND TRADEMARKS
(ROSPATENT)
FEDERAL INSTITUTE FOR INDUSTRIAL PROPERTY

Reg. No. 20/14-496(8)

September 15, 1999

THIS IS TO CERTIFY

By Federal Institute for Industrial Property of Russian Agency for Patents and Trademarks that the materials appended hereto are the exact reproduction of the original specification, claims and drawings (if any) of Application No. 98104984 for patent on invention as filed on the 16th day of March, 1998.

Title of the invention: A polarizer

Applicant(s): MIROSHIN Alexandr Alexandrovich

Actual author(s): HAN Ir Gwon

VOROZHTSOV Gheorghiyy Nikolayevich

SHISHKINA Yelena Yur'yevna

MIROSHIN Alexandr Alexandrovich

Authorized signer of the copy of
application for patent on invention

/signature/

G.F. Vostrikov

Head of Division

A POLARIZER

The invention relates to optics, particularly, to light polarizers, that can be suitably used in manufacture of polarizing films and glass, including laminated films and glass for automotive industry, construction and architecture. The claimed polarizers can be further used in manufacture of liquid-crystal displays and indicators.

Light polarizers that convert the natural light into the polarized one are one of the necessary elements of the up-to-date liquid-crystal (LC) devices for displaying information, control systems and light-operated locking.

The presently used polarizers are represented by a polymer film, oriented by uniaxial extension, dyed in mass by organic dyes or iodine compounds. As a polymer, polyvinyl alcohol (PVA) [1] is mainly used.

PVA-based polarizers, dyed with iodine, have high polarizing characteristics and are extensively used in manufacture of liquid-crystal indicators for screen, watches, calculators, personal computers, etc.

However, an high cost and a low thermal resistance of the PVA-based polarizers do not allow to use them in manufacture of consumer goods, in particular in manufacture of multi-layer glass and films for automotive industry, construction and architecture.

The analog of the claimed polarizer is a polarizer representing a substrate, whereon applied is a molecularly-oriented layer of a dichroic material capable of forming a nematic phase [2].

To produce a light-polarizing film, a dichroic material is applied in the form of a true solution on a substrate impermeable surface, which surface has been preliminarily provided with anisotropy by a mechanical rubbing using various materials (leather, paper, fabric, etc.). In the course of the subsequent partial evaporation of a solvent, a dichroic material solution undergoes the nematic liquid-crystal state stage, in which state, under action of the surface anisotropy, orientation of molecules of a dichroic material takes place. After evaporation of the residual solvent under the controlled conditions, that prevent disruption of the orientation, a molecularly-oriented polarizing film is formed upon the substrate surface and consists of arranged in parallel and oriented in single direction molecules of a dichroic substance, as which the dichroic dyes [2] were used.

A polarizer of the similar type [3] is a polarizing plate manufactured by applying a solution of some water-soluble azo-dyes upon a preliminarily rubbed surface of a substrate, with subsequent drying.

Polarizers [2] or [3] have a higher thermal resistance as compared with a polarizer based on PVA, because a dye's molecularly-oriented film exhibits a higher thermal stability and can be formed on such highly-resistant materials, as glass.

The following should be mentioned in the first place as disadvantages of polarizers [2] and [3]: an insufficient polarizing capability and a low contrast, as well as the necessity of the preliminary orientation of a substrate by repeated rubbing that is rather difficult to realize in production quantities.

In terms of the technical essence, the most pertinent prior art is a polarizer consisting of a substrate whereon applied is a thin film of a molecularly-arranged layer of water-soluble dyes, being sulfonic acids or their ⁱⁿnon-organic salts of azo- and polycyclic compounds, or their mixture of general formula (I):

{Chromogen} (SO₃M)_n, where

Chromogen is a dye's chromophoric system;

-M - H⁺, Li⁺, Na⁺, K⁺, Cs⁺, NH₄⁺;

that are capable of forming a stable lyotropic liquid-crystal phase, which allows to produce, on their basis, stable lyotropic liquid crystals (LLC) and compositions based thereon [4].

For manufacture of the known polarizer [4]: LLC of a dye is applied on the substrate surface, with simultaneous mechanical orienting with subsequent evaporation of a solvent. Thereby on the substrate surface formed is a thin film of molecularly-arranged layer of a dye - a polarizing coating (PC) capable of polarizing the light.

In addition to an high thermal and light resistance, polarizer [4] has an higher polarizing efficiency as compared with polarizers [2] and [3], because the orientation method based on the mechanical arranging of LLC is a more efficient method for producing a molecular arrangement of a dye being in the nematic liquid-crystal state, as compared with influence of the surface anisotropy.

An high conductivity caused by the presence of mobile ⁱⁿnon-organic cations or a proton is to be noted as a disadvantage of polarizer [4]. In this connection, when said polarizers [4] are used as the internal ones for manufacture of liquid-crystal indicators

(LCI), there emerges the necessity to use additional layers over the internal polarizers, because otherwise there observed is a multiple increase of power consumption, which in turn decreases the service life of a LCI.

Further polarizer [4] exhibits a low moisture resistance, for it is based on the polarizing coating formed of water-soluble dyes. Moisture resistance of polarizer [4] can be enhanced by transforming a PC into a water-insoluble form. But the presence of hydrophilic groups in the dye molecules results in that at higher temperatures, even after a PC is rendered to a water-insoluble form, it still peels off the substrate and is destroyed by moisture. Therefore, to enhance the moisture resistance of the known polarizer [4], it is necessary to use additional protecting moisture-resistant layers, which complicates the polarizer design.

The goal of the invention is to provide a polarizer based on polarizing coatings (PC) that possess, besides the dielectric properties, an high resistance against the moisture effects.

The set goal is to be attained by using in a polarizer, as at least one polarizing coating, an anisotropically absorbing birefringent layer of a water-insoluble dichroic dye and/or a pigment, or their mixtures. A dichroic dye or a pigment can be selected among the following substances:

- vat dyes,
- dispersed dyes;
- anthraquinonic dyes;
- indigoid dyes;
- azo-compounds;
- perinonic dyes;
- polycyclic compounds;
- heterocyclic derivatives of anthrone;
- metal-complex compounds;
- aromatic heterocyclic compounds;
- luminescent dyes.

To provide the required physical-mechanical, adhesion, aligning and other properties: at least one polarizing coating of a polarizer can further comprise the binding or film-forming additives and/or a modifier, in capacity of which modifier the following can

be used: hydrophilic and/or hydrophobic polymers of various types, inclusive of liquid-crystal polymers, silicon-organic polymers, and/or plasticizers and varnishes, including silicon-organic substances and/or also non-ionogenic surfactants.

Introduction of a modifier that can be done both at the stage of formation of an anisotropically absorbing birefringent layer, and also using a treatment of an already produced polarizing coating, allows to diminish the light dispersions that can occur due to the presence of micro-defects in a polarizing coating.

Thus, the claimed polarizer is a substrate, whereon applied is at least one polarizing coating (PC) implemented in the form of an anisotropically absorbing birefringent layer of a water-insoluble dichroic dye and/or a pigment, or their mixtures, which are able to provide polarization not only in the visible spectrum range, but also in the UV range, and also in the near-IR range. In case of application of dichroic dyes or pigments, wherein the absorption takes place only in the UV-range, PCs can be used as phase-deterring layers.

A PC is an anisotropically absorbing birefringent layer wherein planes of chromophoric systems of the dichroic dye molecules and, lying therein, dipole moments of the optical transition are uniformly oriented with respect to the direction determined either by the surface anisotropy, or the mechanical orientation direction, or under action of electrostatic, magnetic or electromagnetic fields.

The essential distinguishing feature of the invention is that a polarizer comprises, as at least one polarizing coating, an anisotropically absorbing birefringent layer of a water-insoluble dichroic dye and/or pigment, or their mixtures.

The absence of ions in polarizing coatings of the claimed optical polarizer provides the dielectric properties of coatings, resulting in a lower power consumption, thus extending the service life of liquid-crystal devices.

In contrast with the known polarizer [4] based on the water-soluble dyes, the use, for formation of an anisotropically absorbing birefringent layer, of the water-insoluble dichroic dyes or pigments ensures, besides a low conductivity, an high resistance to the moisture effects.

The similar properties are provided by a polarizer [5] based on some water-insoluble organic dyes having the polymeric structure. But for manufacture of polarizer [5], it is necessary to obtain, in a special way, said polymeric dyes, synthesis of which dyes is a rather complex and expensive process requiring the use of hardly-utilized toxic

organic solvents (nitrobenzene, orthodichlorobenzene, etc.). Further, the necessary condition for manufacture of polarizer [5] is the capability of organic dyes of the polymeric structure to form a liquid-crystal phase, which also restricts the possibility of their application.

But for manufacture of the claimed polarizer, synthesis of special dyes or pigments is not required, but commercially available dyes or pigments can be used.

Depending on thickness of a PC and its design features, a number of varieties of the claimed polarizer, differing in the operation principle, is possible.

Thus the operation principle of an optical polarizer having an unspecified thickness of a PC is based on that the non-polarized light, while passing through the PC is partially absorbed by the dye chromophoric system. Thereby, only that portion of the light waves passes through the PC, in which portion the oscillation direction of the electric component of electromagnetic field is perpendicular to the dipole moment of the optical transition (Fig. 1).

The use, as a polarizing coating, of an anisotropically absorbing birefringent layer of a water-insoluble dichroic dye and/or pigment, or their mixtures, also allows to produce a polarizer:

- wherein at least one polarizing coating consists of a number of fragments of an unspecified shape, that may differ in colour and the polarization vector direction. Id est, the polarization direction can change arbitrarily on the substrate surface, which allows, in this way, to obtain polarization patterns having different direction of polarization of each fragment;
- which is a multi-layer one and comprises at least two applied one upon another polarizing coatings, each consisting of several fragments of an unspecified shape, which may differ in colour and the polarization vector direction, the colour and polarization vector direction of different layers may not coincide;
- which, between the polarizing coatings, further comprises layers of the transparent colourless or dyed materials;
- which, between the substrate and polarizing coating, further comprises the orienting layer, that may be formed both of non-organic materials, and on the basis of different polymers;

- which, between the substrate and at least one polarizing coating further comprises a diffuse-reflection layer that may serve, at the same time, as the conductive layer.

A circular polarizer can be manufactured using, as the substrate, a quarter-wave birefringent plate or film, and by applying a PC at angle 45° with respect to the main optical axis of the substrate (In Fig. 2, a and b show the direction of the ordinary and extraordinary rays, respectively, n shows the PC polarization vector direction).

Use of different glues allows to manufacture, on any surface, a polarizer in the form of self-gluing polarizing films, and also it can be manufactured by applying a glue layer on a PC in the form of a pattern, with subsequent transfer; this technique can be used both in manufacture of LC indicators with the external disposition of polarizers, and for different kinds of protection of trade marks, or for the purpose to provide diverse colour effects, e.g. in advertising. In manufacture of a polarizer according to the glue technique, a technique of the reverse transfer is also possible: application of a glue layer of the necessary shape upon the required surface, positioning of a film, having a PC applied thereon, upon a glue, and tearing-off. A PC layer corresponding only to the glue layer shape will be removed from the film surface on the required surface.

Use of a moisture-resistant polarizing coating on the basis of an anisotropically absorbing birefringent layer of the water-insoluble dichroic dyes and/or pigments also allows to realize the layer-by-layer technique of application of a PC. In this case, in contrast with the prototype, application of the intermediate protection layer is not required, especially when a polarizing coating based on the water-soluble dyes is used as the subsequent layer, e.g. according to the technique of [4].

Thus, the polarizers consisting of a number of applied one upon another PCs, each consisting of several arbitrarily-shaped fragments that may differ in colour and polarization vector direction, can be provided.

A subsequent PC of the same dye or another dye can be applied immediately on the preceding PC, or on the intermediate layer of a transparent material, which material can be either colourless, or dyed one. Thereby the polarization vector direction of next PC can change arbitrarily with respect to direction of polarization axes of the preceding PC. In this case a PC can be implemented also of other materials, particularly according to the techniques of [2], [3] or [4].

Thus, a polarizer, which between PCs can further comprise layers of colourless or dyed materials, can be provided.

When the polarized light plane is rotated in a polarizer, brightening of some areas and dying of other areas (in case of monochromatic optical polarizers, wherein different areas of one colour have different directions of the polarization vector) can occur. In case of the use of different dyes, when the polarized light plane is rotated, there will occur either vanishing of a pattern dyed in different colours (in the case when areas of different colours have the identical polarization vector direction), or the sequential vanishing of areas of different colours, differing in terms of the polarization vector direction. In case of multi-layer PCs, particularly when intermediate transparent dyed materials are used, the number of possible versions will increase.

The above-cited examples of polarizers is of an interest as regards creation of special colour effects (advertising, show-business), and for protection of trade marks and securities, etc.

The other kind of the claimed polarizer is based on the interference phenomenon, in which polarizer used is birefringence of an anisotropically absorbing layer that has at least one refractive index that increases as the polarized light wavelength grows.

The most optimal version of the interference kind of the claimed polarizer is the use of at least one anisotropically absorbing birefringent layer that has at least on refractive index directly proportional with the polarized light wavelength at least in some range of the operation wavelengths.

For instance, if in this formula $2dn_e + \lambda/2 = \lambda/2 + m\lambda$ (where d is thickness of the anisotropically absorbing birefringent layer, λ is a light wavelength, m is the interference order, $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2$ is optical difference of the travel of the reflected interfering rays) that corresponds to the interference minimum for the reflected light in an optical system, where a birefringent layer having refractive indices n_e and n_o , is between the dielectrics having the refractive indices values that are lower than n_e ; the extraordinary refractive index n_e will be directly proportional with the light wavelength, i.e. $n_e = A\lambda$ (where A - proportionality coefficient), then wavelength λ in the above formula «decreases», and this means that the condition of the interference minimum, in this case, is satisfied for all wavelengths and, moreover, for all interference orders, i.e. for all values of m . Further, when the layer thickness of the same material has other values, the

independence from the light wavelength of the interference maximum condition $2dn_e + \lambda/2 = m\lambda$ can be similarly provided. The direct proportionality of the refractive index with the light wavelength is a more strict requirement (condition), than a simple increase of the refractive index as the light wavelength grows.

The above-discussed peculiarities allow to provide a kind of a polarizer, characterised in that at least one polarizing means has a thickness, whereby realized is an interference extremum at output of the polarizer at least for one linearly-polarized light component. The operation principle of the interference kind of the claimed polarizer is based on that, one linearly-polarized component of the non-polarized light, to which component corresponds the extraordinary (greater) refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer, is essentially reflected from the polarizer due to a difference of refractive indices on boundaries of the anisotropically absorbing birefringent and the optically isotropic layers. When thicknesses of layers is about the light wavelength magnitude, the light beams reflected from the layers boundaries, interfere with one another. When thicknesses of layers and their refractive indices are appropriately selected, the optical travel difference between the waves reflected from the layers' boundaries is an integer of wavelengths, i.e. the result of interference of the reflected waves will be the interference maximum resulting in their mutual amplification. In this case, reflection of the linearly-polarized component of the non-polarized light, to which component corresponds the extraordinary (greater) refractive index of an anisotropically absorbing birefringent layer, is amplified considerably.

The ordinary (lesser) refractive index of an anisotropically absorbing birefringent layer is selected to be essentially equal to refractive index of the optically isotropic layer, i.e. there is no difference (abrupt changes) of refractive indices on boundaries of the anisotropically absorbing birefringent and the optically isotropic layers. For this reason, the other linearly-polarized component of the incident non-polarized light, to which component the ordinary (lesser) refractive index of the birefringent layer corresponds, passes through the multi-layer polarizer completely, without any reflections.

Thus, when the non-polarized light is incident on the polarizer, one linearly-polarized component is reflected, and the other linearly-polarized component passes through the polarizer, i.e. polarization of light both for the passing and the reflected light takes place.

The use of at least one anisotropically absorbing birefringent layer, though causing slight light losses in the polarizer, but these losses are small, particularly in the layers having thickness less than 0.1 mcm. High polarization characteristics in a broad spectrum range are provided when at most 10 layers are used.

In case of the use of an anisotropically absorbing birefringent layer, the dependence of the conditions of obtaining the interference extrema (maximums and minimums) on the light wavelength diminishes, and in the optimum version the same is eliminated completely, which circumstance provides high polarization characteristics of the interference kind of the claimed polarizer in a broad spectrum range.

Preferable is an interference kind of the polarizer, wherein at least one anisotropically absorbing birefringent layer has the maximum value of at least one refractive index of not less than 1.9. The necessary number of layers must not exceed 10, and the spectrum range having high polarization characteristics is widened more than thrice as compared with the polarizers of such kind.

Preferable is the claimed polarizer having at least one anisotropically absorbing birefringent layer with the maximum absorption index of not less than 0.1 in the operation wavelengths' range.

A polarizer having high parameters can be produced under the condition that thickness of at least one polarizing coating satisfies the condition of obtaining at output of the polarizer the interference minimum for one linearly-polarized light component and, simultaneously, the interference maximum for the other orthogonal linearly-polarized light component.

Actually, the distinguishing feature of the birefringent layers is the mere fact of the presence of at least two different values of refractive indices, e.g. n_x and n_y , corresponding to axes X and Y disposed in the layer plane. Owing to this circumstance, the layer thickness can be selected such that at output of the polarizer there will be obtained the interference minimum of m-th order for one linearly-polarized component, and simultaneously, the maximum for the other, orthogonal therewith, linearly-polarized light component. The interference minimum can correspond to the ordinary refractive index, whereby the interference maximum is caused, accordingly, by the extraordinary refractive index. Also possible is the reverse situation, when the interference minimum corresponds

to the extraordinary refractive index, whereby the interference maximum is caused, accordingly, by the ordinary refractive index.

Also preferable is the polarizer being a multi-layer one and comprising at least two layers, of which at least one layer is the anisotropically absorbing birefringent layer, and the other is the optically isotropic one, one refractive index of the birefringent layer maximally differing from that of the optically isotropic one, and the other refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer coinciding, or being maximally proximate to that of the optically isotropic one.

In this version, one linearly-polarized component of the incident non-polarized light, to which component corresponds the extraordinary (greater) refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer, is essentially reflected from the multi-layer polarizer due to a difference between refractive indices on the boundaries of the layers. When thicknesses of layers and their refractive indices are appropriately selected, the optical travel difference between the waves reflected from the layers' boundaries of the same anisotropically absorbing birefringent layer is an integer of wavelengths, i.e. the result of interference of the reflected waves will be the interference maximum resulting in the mutual amplification of the reflected waves. In this case the optical thicknesses of the optically isotropic material layers can be both significantly greater than the wavelength, and approximately equaling the wavelength. As the result, reflection of the linearly-polarized component of the non-polarized light, to which component corresponds the extraordinary (greater) refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layers, is amplified considerably.

The ordinary (lesser) refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layers coincides or maximally is proximate to the refractive index of the optically isotropic layer, i.e. there is no difference (abrupt changes) of the refractive indices on the layer's boundaries. For this reason, the other linearly-polarized component of the incident non-polarized light, to which component the ordinary (lesser) component of refractive index of the birefringent layer corresponds, passes through the multi-layer polarizer completely, without any reflections.

The other version of the interference kind of the polarizer is the multi-layer one comprising at least two different birefringent layers, of which at least one is the anisotropically absorbing birefringent layer, one refractive index of the anisotropically

absorbing birefringent layer maximally differs from one refractive index of the other birefringent layer, and the refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer coincides or maximally proximate to the refractive index of the other birefringent layer.

The interference kind of the claimed polarizer can be implemented to operate both «for reflection» and «transmission», and also to operate only «for reflection». In these cases, the embodiment is a polarizer characterised in that on one of its sides additionally applied is a light-reflecting coating. Preferable is a polarizer, wherein the light-reflecting coating is the metallic one. Application of the light-reflecting coating also allows to select the optimal, for the interference, indices of reflection from the polarizer's boundaries.

In manufacturing of this polarizer: as the first coating on the substrate side, both the light-reflecting coating (a mirror of the complete or partial reflection), and the polarizing coating can be applied.

Ratio of intensities, and consequently, that of amplitudes of electric fields of interfering rays, exert a great influence upon the interference result. It is known that the minimum value of intensity in the interference minimum (being zero, in theory) can be obtained in the case of their equality. Therefore it is advantageous to provide the maximally attainable equalization of amplitudes of the interfering rays for the interference minimum conditions, which provides the maximal «blanking» of rays of a corresponding non-polarized light component. To obtain the optimal result of the interference for the conditions of the interference maximum, it is necessary to increase indices of reflection from each boundary of layers.

The reflecting coating can be implemented both of a met, and in the form of multi-layer dielectric mirrors of interleaved layers of the materials having high and low refractive indices.

Metallic coatings are applied sufficiently simply by, for example, thermal vacuum evaporation, but in this case absorption of light takes place in such coatings, which decreases the transmission (reflection) properties of the polarizer. For producing the reflecting metallic coatings, aluminium (Al), silver (Ag) and other metals can be used.

In the case of multi-layer dielectric mirrors, absorption of light does not take place therein, but the process of their application is rather complicated and labour-intensive. The following materials can be used for such coatings: TiO_2 , MgO , ZnS , ZnSe , ZrO_2 , cryolite

and polymers - as the materials having an high refractive index; and SiO_2 , Al_2O_3 , CaF_2 , BaF_2 , MgF_2 , AlN , BN or polymers - as the materials having a low refractive index.

The following standard methods can be used for applying the reflecting coatings upon a substrate or an optical polarizer: thermal vacuum evaporation, vapour application with subsequent thermal treatment, magnetron spraying and other methods.

As the substrate material, whereon an optical polarizer operating for «translucency» and, possibly, for «reflection», any materials that are transparent in the operation wavelength range, e.g. quartz, glass, polymers and other, can be used.

As the substrate material, whereon the optical polarizer can be applied to operate only «for reflection», besides the materials that are transparent in the operation wavelength range, e.g. quartz, glass, polymers, also any other materials that are opaque in the operation wavelength range, e.g. metals, semiconductor materials, glass ceramic, plastics and other can be used.

Some kinds of the interference polarizer are shown as separate examples of particular embodiments in Figs. 3 - 5. Fig. 3 shows a diagram of an one-layer, reflection-type polarizer according to the invention. Fig. 4 schematically shows types of the dependencies of the refractive index of the polarizer layers on the light wavelength. Fig. 5 shows a diagram of a multi-layer polarizer according to the invention.

Fig. 3 shows a diagram of an one-layer reflection-type optical polarizer according to the invention, comprising anisotropically absorbing birefringent layer 1, characterised in that both its refractive indices (extraordinary n_e and ordinary n_o) are proportional to the polarized light wavelength. In the most simple version, layer 1 from two sides is bounded on air. In more sophisticated versions, on one of its sides additionally applied is a light-reflecting coating. Layer 1 can be applied also on the substrate of, for example, a transparent glass (shown by dashed line in Fig 3).

Operation of the reflection-type polarizer can be explained as follows. Non-polarized light consists of two linearly-polarized components 2 and 3, whose polarization planes are mutually perpendicular (these two components in Fig. 3 are conventionally separated for the illustrative purposes and a more ready understanding). Component 2, polarized in parallel to the optical axis of layer 1 of an anisotropically absorbing birefringent material, is partially reflected from boundary of layer 1, thereby forming ray 4.

The partial reflection of light from the interface of layer 1 and the environment takes place due to an abrupt change (difference) of refractive indices on this interface. For the partial reflection of the light, also an additionally applied light-reflecting coating on layer 1 can be used. The other portion of energy of component 2, passing through the anisotropically absorbing birefringent layer 1 is reflected from the second boundary of layer 1, and passes once again through layer 1, thereby forming ray 5. The reflected rays 4 and 5 are polarized in the same way as incoming component 2.

Thickness of layer 1 is selected such that the optical difference of travel Δ_e for rays 4 and 5, corresponding to the greater refractive index n_e will be an odd number of half-waves of the polarized light, $\Delta_e = \lambda/2 + m\lambda$, where λ is light wavelength, m is interference order. If environments at either side of layer 1 are transparent (non-absorbing) and have the refractive indices that are less than refractive indices of layer 1, then the optical difference of travel $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2$, where d is thickness of layer 1, and $\lambda/2$ is a phase abrupt change in reflection from the first boundary as from the optically more dense medium (in case of the metallic light-reflecting coating, the phase change will be another one). In this case, the result of interference of rays 4 and 5 is their mutual attenuation, and in the optimum version their complete blanking takes place. The complete blanking of rays 4 and 5 is achieved when intensities (amplitudes) of rays 4 and 5 are identical or approximate one another, which can be attained by the optimal selection of reflection indices from boundaries of layer 1 using an additionally applied light-reflecting coating. The light-reflecting coating can be a metallic or dielectric one, and one-layer or multi-layer one. When the condition of proportionality of the extraordinary refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer 1 to the light wavelength being ($n_e \approx \lambda$) is satisfied, the equality of $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2 = \lambda/2 + m\lambda$ is satisfied for the whole range of the operation light wavelengths, which means the elimination of the spectral dependency of the polarizing characteristics of the optical polarizer.

The other linearly-polarized component 3 that is polarized perpendicularly to the optical axis of the anisotropically absorbing birefringent layer 1, is partially reflected from the first boundary of layer 1, thereby forming ray 6. The other portion of component 3, passing through layer 1 is reflected from the second boundary of layer 1, passes once again through layer 1, thereby forming ray 7. The reflected rays 6 and 7 are polarized in the same way as incoming component 3. The result of interference of rays 6 and 7 is their mutual

amplification, i.e. the interference maximum, for the optical difference of the travel between them Δ_o , that corresponds to the ordinary (lesser) refractive index n_o , is an integer of wavelengths $\Delta_e = 2dn_e + \lambda/2 = m\lambda$ (phase' abrupt change $\lambda/2$ when ray 6 is reflected from the first boundary of layer 1 also takes place for this component). When the condition of proportionality of the ordinary refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer 1 to the light wavelength ($n_e \approx \lambda$) is satisfied, the interference maximum condition $\Delta_o = 2dn_o + \lambda/2 = m\lambda$ is also satisfied for the whole range of the operation light wavelengths, which means the elimination of the spectral dependency of the polarizing characteristics of the optical polarizer.

Thus in a broad region of spectrum, as a result of the interference, the total reflection of component 2, that is polarized in parallel to the optical axis of layer 1 of the birefringent material, is significantly less than reflection of component 3 that is polarized perpendicularly to the optical axis of layer 1.

Also possible the reverse situation, when as a result of the interference the total reflection of component 2, that is polarized in parallel to the optical axis of the birefringent material layer 1, is significantly greater than reflection of component 3 that is polarized perpendicularly to the optical axis of layer 1. Such situation takes place when thickness of layer 1 is selected such that the optical difference of travel Δ_e for rays 4 and 5, that corresponds to the extraordinary (greater) refractive index n_e , will be an even number of half-waves of the polarized light $\Delta_e = m\lambda$. In this case, the result of interference of rays 4 and 5 is the interference maximum, i.e. their mutual amplification. At the same time, the optical difference of travel Δ_o for rays 6 and 7, that corresponds to the ordinary (lesser) refractive index n_o , is an odd number of half-waves of the polarized light $\Delta_o = \lambda/2 + m\lambda$. In this case, the interference result of rays 9 and 10 is the interference minimum, i.e. their mutual attenuation. Now, as the interference result, the total reflection of component 2, that is polarized in parallel to the optical axis of layer 1 of the birefringent material is significantly lower, than reflection of component 3 that is polarized perpendicularly to the optical axis of layer 1 of the birefringent material.

Fig. 4 schematically shows the dependencies of refractive index of layers in optical polarizers on the visible light wavelength, i.e. in the range of 400-700 nm. Curve 1 corresponds to polarizer [6], i.e. to a decrease of refractive index of layers as the light wavelength grows. Such dependency in optics is referred to as the normal dispersion and is

intrinsic to transparent materials. Curve 2 corresponds to the polarizer according to the invention, i.e. it corresponds to the case when refractive index of layers increases as the light wavelength grows. Such dependency in optics is referred to as the abnormal dispersion, and a polarizer must have a particular design so that to obtain such dependency. For this purpose preferable is a polarizer, characterised in that at least one anisotropically absorbing birefringent layer has the maximum absorption index of not less than 0.1 in the operation wavelength range. Here, as in optics, the absorption index of the manufactured layer k is determined (as in GOST 7601-78 standard) as the index at the virtual portion in the integrated refractive index of the manufactured material layer $Z = n - ik$. Curve 3 corresponds to a version of the interference kind of the polarizer according to the invention, characterised in that at least one anisotropically absorbing birefringent layer has at least one refractive index directly proportional with the polarized light wavelength at least in some operation wavelength range. The direct proportionality of refractive index to the light wavelength is a more strict requirement (condition) than a simple increase of refractive index when the light wavelength grows.

Fig. 5 shows a diagram of a multi-layer polarizer according to the invention, comprising 4 anisotropically absorbing birefringent layers 1, characterised in that the extraordinary refractive index n_e of these layers increases as the polarized light wavelength grows. Said layers 1 are applied as interleaved with four layers 8 of an optically isotropic material, the ordinary refractive index n_o of the birefringent material coinciding with, or maximally proximate to refractive index n_i of the optically isotropic material. Anisotropically absorbing birefringent layers 1 can be implemented of identical or different materials, differing, for example, in spectral ranges, wherein the extraordinary refractive index n_e increases as the wavelength grows.

Operation of the interference kind of the proposed polarizer can be explained as follows. Non-polarized light consists of two linearly-polarized components 2 and 3, whose polarization planes are mutually perpendicular (these two components are conventionally separated in Fig. 4 for the illustrative purpose and a more ready understanding). Component 2 that is polarized in parallel to the optical axis of the anisotropically absorbing birefringent layers 2 is partially reflected from boundaries of layers 1 and optically isotropic layers 7, thereby forming rays 4. Reflected rays 4 are polarized in the same way as incoming component 2.

Thickness of layers 1 is selected such that the result of interference of all rays 4 is the interference maximum, i.e. their mutual amplification. Thereby reflection index reaches 98%-99.9%, which means that linearly-polarized component 2 practically completely is reflected from the polarizer, thereby forming ray 9. When a condition more strict than a simple increase, namely the condition of the direct proportionality of the extraordinary refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layers 1 to the light wavelength ($n_e \approx \lambda$) is satisfied, the interference maximum condition is satisfied for a more broad range of wavelengths propagating over the whole operation light wavelengths range.

To the other component 3 of the non-polarized light that is linearly-polarized perpendicularly to the optical axis of layers 1, corresponds the ordinary refractive index n_o of layers 1, that is equal to refractive index n_i of the optically isotropic layer ($n_o = n_i$). Here there is no reflection from boundaries of layers 1 and 8, and linearly-polarized component 3 passes through a multi-layer polarizer completely, without any reflections, thereby forming ray 10. Reflection of component 3 from the external surfaces of the polarizer can be eliminated by an usual method of «brightening», i.e. by application of optically isotropic layers, having the optical thickness of the quarter of the wavelength and refractive index of $n_o^{1/2}$, on the external surfaces.

Thus, the non-polarized light when being incident upon the multi-layer polarizer is divided into two parts and converted into linearly-polarized ray 10 that passes through the polarizer, and orthogonally linearly-polarized ray 9 that is reflected from the polarizer. In this case, higher polarization characteristics of the polarizer in a broad spectral range are provided.

To form the polarizing coatings of the water-insoluble dichroic dyes and/or pigments that, in general, are not easily solved in most organic solvents too, different techniques can be used.

Thus formation of the polarizing coatings on the basis of vat dyes, anthraquinonic derivatives, perinonic and polycycloquinonic compounds can be carried out by the following methods:

1. Application on the substrate surface, with simultaneous orienting action of solvents of ~~non~~ⁱⁿ-organic and organic sulphate ethers, of the reduced forms of said dyes (of the vatsole type) that can be in the lyotropic liquid-crystal state. The so formed oriented

layer of sulphate ethers is further subjected to oxidation hydrolysis. Thereupon, on the surface, an oriented layer of the now water-insoluble dye is formed.

2. Application on the substrate surface, with simultaneous orienting action, of reduced forms of said dyes (of the leuco-compounds type) in the form of solutions of different salts (both organic and ⁱⁿnon-organic) that also can be in the lyotropic liquid-crystal state. The so formed layer is further subjected to the chemical or electrochemical oxidation whereby the oriented layer of now water-insoluble dye is formed.
3. For producing a polarizing coating on the basis of the water-insoluble derivatives of diphenyl diimides and dibenzimidazoles of 3,4,9,10-perylenetetracarboxylic acid (PTCA), the appropriate derivatives of 1,1'-binaphthyl-4,4',5,5',8,8'-hexacarboxylic acid (BHCA) in the form of solutions of ⁱⁿnon-organic and organic salts can be used, which derivatives can also be in the lyotropic liquid-crystal state. In further chemical and electrochemical reducing treatment, or under UV-irradiation, BHCA derivatives are subjected to cyclization, whereby the oriented layer of PTCA derivatives is formed.
4. Another method also suitable for forming the polarizing coatings on the basis of pigments consists in application on the substrate surface, with simultaneous orienting action, of the lyotropic liquid-crystal solutions of dichroic dyes and/or pigments in sulphuric acid or oleum of different concentrations. Formation of a water-insoluble oriented layer takes place during subsequent careful diluting of an acid by water, which dilution can be done when 100% humidity is created over the layer.

Formation of a PC on the substrate surface under action of a shearing force can be carried out when solutions are applied using a die or doctor blade. The latter can be of the blade-type or cylinder-type.

In formation a PC, magnetic, electromagnetic and electrostatic fields can be used as an additional orienting action, which fields can be used in the cases when the time of application is not limited, and for formation of polarizing coating used are diluted solutions according to technique [2].

For producing a polarizing coating on the basis of the metal-complex dyes, metallization of dyes directly on the substrate surface can be used. To this end, on the substrate preliminarily applied is (for example, by directed deposition) an oriented layer of metal oxides, whereupon the surface is treated by solution of an appropriate dye. Thereby

ultra-thin oriented layers of water-insoluble metal-complex dyes, particularly suitable for manufacture of the interference kind of the claimed polarizer, can be produced.

A more general method for producing polarizing coatings on the basis of the water-insoluble dichroic dyes and/or pigments consists in preparation of special output forms obtained by dispersion of said dyes so that to produce anisometric particles having size not over 0.5 μm , and length-diameter ratio of not less than 20. For stabilization of such output forms used are various surfactants. On the basis of the so produced output forms, prepared are highly-concentrated (contents of a dichroic dye and/or pigment or their mixtures being not less than 10%) systems in various solvents, including water, in monomers and polymer melts. The so produced systems can be also in the liquid-crystal state. When such highly-concentrated systems are applied on the substrate surface, with simultaneous orienting action and subsequent appropriate treatment, formed is an anisotropically absorbing birefringent layer. In case a solvent is removed (by evaporation or dilution, with subsequent washing), formed is a polarizing coating consisting, in the main, of a dichroic dye and/or pigment. In case of application of a monomer or a molten polymer, formed is a polarizing coating of a great thickness (to 5 μm).

Selection of the application method is also determined by the substrate type, which can be a hard flat, spherical or cylindrical, transparent or reflecting surface of an organic or non-organic glass, silicate glass having a deposited semiconductor layer, silicon plates with a deposited aluminium layer.

Prior to application of a PC, an orienting layer can be formed according to the technique used for applying the orienting layers in manufacture of liquid-crystal cells [7].

Thus, an optical polarizer that, between the substrate and polarizing coating, additionally comprises an orienting layer formed of both non-organic materials, and on the basis of various polymers, can be produced.

The substrate surface in forming a PC can be additionally modified using different sublayers, including the optically active sublayers, for example diffuse-reflection, birefringent or phase-determining coatings. Thus produced is an optical polarizer characterised in that between the substrate and the polarizing coating it further comprises a diffuse-reflection layer, which can also serve as a conductive layer.

By forming a PC on the basis of the water-insoluble dichroic dyes and/or pigments on polymer films (polyethylene terephthalate, polycarbonate, triacetylcellulose, other

transparent film-shaped materials), polarizers in the form of flexible polarizing films, including the self-gluing ones, can be produced.

For manufacture of the claimed polarizer on the basis of the water-insoluble dichroic dyes and/or pigments, also diverse glues, including polyvinyl butyral, can be used for the purpose to obtain various kinds of laminated structures, e.g. triplex glass and multi-layer films, which is of an interest for automotive industry and architecture.

CLAIMS

1. An optical polarizer, including a substrate and, applied thereon, one or a number of polarizing coatings, characterised in that at least one polarizing coating is an anisotropically absorbing birefringent layer of a water-insoluble dichroic dye and/or a pigment, or their mixtures.
2. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye is selected from the vat dyes series.
3. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye is selected from the dispersed dyes series.
4. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye is selected from the anthraquinonine dyes series.
5. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye is selected from the indigoid dyes series.
6. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye is selected from the azo-compounds series.
7. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye is selected from the perinone dyes series.
8. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye or a pigment is selected from the polycyclic compounds series.
9. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye or a pigment is selected from the series of heterocyclic derivatives of anthrone.
10. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye or a pigment is selected from the series of metal-complex compounds.
11. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye or a pigment is selected from the series of aromatic heterocyclic compounds.
12. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one dichroic dye or a pigment are luminescent.
13. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one polarizing coating further comprises binding or film-forming additives and/or modifier, and hydrophilic and/or hydrophobic polymers of different types, including liquid-

crystal, silicon-organic polymers and/or plasticizers and varnishes, including silicon-organic and/or non-ionogenic surfactants ones, can be used as such modifier.

14. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one polarizing coating consists of several arbitrarily-shaped fragments, which may differ in the colour and polarization vector direction.
15. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in being a multi-layer one and comprising at least two applied on one another polarizing coatings, each of which consists of several arbitrarily-shaped fragments, which may differ in the colour and polarization vector direction; the colour and polarization vector direction of different layers may not coincide.
16. The optical polarizer as claimed in claim 15, characterised in that between the polarizing coatings it further comprises layers of transparent colourless or dyed materials.
17. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that between the substrate and polarizing coating it further comprises an orienting layer, which may be formed both of ~~non~~ organic materials, and on the basis of different polymers.
18. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that between the substrate and at least one polarizing coating it further comprises a diffuse-reflection layer, that may serve also as a conductive layer.
19. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that as the substrate it comprises a birefringent plate or film, and the polarizing coating is formed at angle 45° with respect to the substrate main optical axis.
20. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that at least one anisotropically absorbing birefringent layer has a thickness whereat realized is an interference extremum at output of the optical polarizer for at least one linearly-polarized light component.
21. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in that thickness of at least one anisotropically absorbing birefringent layer satisfies the condition of producing, at output of the optical polarizer, the interference minimum for one linearly-polarized light component and, simultaneously, the interference maximum for the other linearly-polarized light component.

22. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in being a multi-layer one and comprising at least two layers, of which at least one layer is the anisotropically absorbing birefringent layer one, and the other is the optically isotropic one, one refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer maximally differing from refractive index of the optically isotropic layer, the other refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer coinciding with, or being maximally proximate to refractive index of the optically isotropic layer.
23. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in being a multi-layer one and comprising at least two different birefringent layers, of which at least one is anisotropically absorbing one, the first refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer being maximally different from the first refractive index of the other birefringent layer, and the second refractive index of the anisotropically absorbing birefringent layer coinciding with, or being maximally proximate to the second refractive index of the other birefringent layer.
24. The optical polarizer as claimed in claim 1, characterised in further comprising a light-reflecting coating.
25. The optical polarizer as claimed in claim 24, characterised in that the light-reflecting coating is metallic.

References taken into account in drafting the application:

1. US patent 5,007,942, cl. G 02 B 5/30, publ. 1991
2. US patent 2,544,659, cl. 350-148, publ. March 11, 1951
3. JP patent 1-183602 (A), cl. G 02 B 5/30, G 02 B 1/08, publ. July 21, 1989
4. Application PCT WO 94/28073, cl. C 09 B 31/147, publ. December 08, 1994 - prototype
5. Application of the RF 95109284, cl. G 02 B 5/30; B.I. #16, 1997, p. 32
6. Application WO 95/17691; cl. G 02 B 5/30, publ. 1995
7. J. Cognard. Molecular Crystals and Liquid Crystals, 1, 1982.

ABSTRACT

A polarizer

The invention relates to optics, particularly, to light polarizers, that can be suitably used in manufacture of polarizing films and glass, including laminated films and glass for automotive industry, construction and architecture. The claimed polarizers can be further used in manufacture of liquid-crystal displays and indicators.

The goal of the invention is to provide a polarizer based on polarizing coating (PC) possessing, besides the dielectric properties, an high resistance against moisture effects.

The set goal is to be attained by using in a polarizer, as at least one polarizing coating, an anisotropically absorbing birefringent layer of a water-insoluble dichroic dye and/or a pigment, or their mixtures. A dichroic dye or a pigment can be selected among the following substances: vat dyes, dispersed dyes, anthraquinonic dyes, indigoid dyes, perinonic dyes, aso-compounds, polycyclic compounds, heterocyclic derivatives of anthrone, metal-complex compounds, aromatic heterocyclic compounds, as well as luminescent dyes.

Thus, the claimed polarizer is a substrate, whereon applied is at least one polarizing coating (PC) implemented in the form of an anisotropically absorbing birefringent layer of a water-insoluble dichroic dye and/or a pigment, or their mixtures.

A PC is an anisotropically absorbing birefringent layer wherein planes of chromophoric systems of the dichroic dye molecules and, lying therein, dipole moments of the optical transition are uniformly oriented with respect to the direction determined either by the surface anisotropy, or the mechanical orientation direction, or under action of electrostatic, magnetic or electromagnetic fields.

Depending on the thickness of a PC and the design features, several kinds of the claimed polarizer are possible: a dichroic light polarizer and an interference polarizer.

The distinguishing feature of the invention is that the polarizer comprises, as at least one polarizing coating, a moisture-resistant anisotropically absorbing birefringent layer of a water-insoluble dichroic dye and/or pigment, or their mixtures.

The absence of ions in the polarizing coatings of the claimed optical polarizer provides the dielectric properties of the coatings, which results in a reduction of the power consumption, thus extending the service life of liquid-crystal devices.

The use of the water-insoluble dichroic dyes or pigments for formation of an anisotropically absorbing birefringent layer provides, besides a low conductivity, an high moisture-resistance of the claimed polarizer.